

۱-٤ | اتزان جسم جاسئ

#### 🛄 تعریف :

يكون الجسم الواقع تحت تأثير مجموعة من القوى المستوية فى حالة إتزان استاتيكى إذا كان مجموع القوى المقوى يساوى صفر وتوازنت عزوم الدوران المؤثرة على جسم فى اتجاه دوران عقارب الساعة مع عزوم الدوران فى عكس إتجاه دوران عقارب الساعة.

ومن ذلك نجد أن:

الشروط الكافيه واللازمة لاتزان مجموعة من القوى المستوية هي:

$$(\overset{\smile}{\bullet} = \overset{\smile}{\mathcal{E}})$$
 أن ينعدم متجه محصلة القوى ( ۱

$$(\overset{\leftarrow}{\bullet} = \overset{\leftarrow}{\mathcal{E}})$$
 أن ينعدم مجموع عزوم القوى بالنسبة لنقطة واحدة ( $\overset{\leftarrow}{\bullet}$ 

ويمكن صياغة هذه الشروط بصورة مكافئة كمايلى:

لكي تتوازن مجموعة من القوى يلزم ويكفي أن تتحقق الشروط التالية:

- ١) ينعدم مجموع المركبات الجبرية للقوى في إتجاهين متعامدين واقعين في مستويها.
  - ٢) ينعدم مجموع القياسات الجبرية لعزوم القوى بالنسبة لنقطة واحدة في مستويها.

والتعبير الرياضي عن هذه الشروط هو:

أي أن:

- ١) المجموع الجبرى لمركبات القوى في إنجاه محور السينات يساوى صفر
- ٢) المجموع الجبرى لمركبات القوى في إنجاه محور الصادات يساوى صفر
- ٣) المجموع الجبرى لعزوم القوى حول أي نقطة في المستوى يساوى صفر

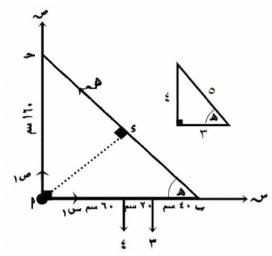
وبتطبيق هذه الشروط نحصل على ثلاث معادلات في ثلاث مجاهيل وبحل العادلات الثلاثة نحصل على قيم هذه المجاهيل وسوف يتضح ذلك من خلال الأمثلة التالية:

## 🕮 مثال:

قضيب منتظم <sup>٩ب</sup> طوله ١٢٠سم ووزنه ٤ ث.كجم يؤثر في منتصفه يتصل طرفه <sup>٩</sup> بمفصل مثبت في حائط رأسي ، علق ثقل قدره ٣ ث.كجم في نقطة من القضيب على بعد ٨٠ سم من <sup>٩</sup> وحفظ القضيب في وضع أفقى بواسطة حبل يتصل أحد طرفيه بالطرف <sup>ب</sup> للقضيب ويتصل طرفه الآخر بنقطة على الحائط تبعد ١٦٠ سم رأسياً أعلى <sup>٩</sup> اوجد الشد في الخيط ورد فعل المفصل.

### ک الحسل:

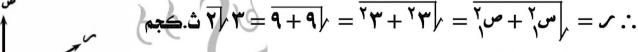
- . \* القضيب متزن تحت تأثير القوى الآتيه:
- وزن القضيب ٤ ث. كجم رأسيا لأسفل
  - الثقل ٣ نيوتن رأسيا لأسفل
- قوة الشد في الخيط وتميل على الأفقى بزاوية قياسها هـ
   لذلك نحللها الى مركبتين في إتجاهين متعامدين
- قوة رد فعل المفصل وهي مجهولة الإنتجاه
   لذلك نضع بدلامنها مركبتين متعامدتين س ، ص ، ص , متطبيق شروط الإتزان وهي: س = ، ص = ، ع = •



(1) 
$$\sim \frac{\pi}{0} = \cdots$$
  $\sim \omega = 0$   $\sim \omega = 0$   $\sim \omega = 0$   $\sim \omega = 0$ 

بالتعويض في (١) ، (٢)

$$\mathcal{L} = \mathcal{L} \times \mathcal{A} = \mathcal{A} \times \mathcal{A} + \mathcal{A} \times \mathcal{A} = \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} = \mathcal{A} \times \mathcal{A} = \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} = \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} = \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times \mathcal{A} = \mathcal{A} \times \mathcal{A} \times$$



$$^{\circ}$$
 خال  $=\frac{m}{m}=\frac{m}{m}=1$  خال  $=$   $^{\circ}$  خال  $=$   $^{\circ}$  خال  $=$   $^{\circ}$  خال  $=$   $^{\circ}$ 

أى أن مقدار رد فعل المفصل  $\Upsilon \nearrow \Upsilon$  ثـكجم ويصنع زاوية ٤٥° مع الأفقى

# 🛄 مثال:

٣ب قضيب منتظم وزنه ٢٠٠ نيوتن يتصل طرفه ٣ بمفصل مثبت في حائط راسي ويحمل عند طرفه ب ثقلا قدره ١٠٠ نيوتن. حفظ القضيب في وضع يميل فيه على الأفقى لأعلى بزاوية قياسها ٢٠٠ بواسطة حبل مساو للقضيب في الطول يتصل أحد طرفيه بالطرف ب للقضيب ويتصل طرفه الآخر بنقطة ٤ من الحائط تقع رأسيا أعلى ٢ وعلى بعد منها يساوي طول القضيب .أوجد مقدار الشد في الحبل وقوة رد فعل المفصل.

### ور کا الحال:

- · · طول القضيب = طول الخيط = بعد نقطة التعليق عن ۗ ٢
- .. المثلث أبد متساوى الأضلاع ن. عب = بد = عد = ل

$$\therefore \mathbf{fw} = \mathbf{b} \mathbf{A} \cdot \mathbf{r} = \frac{\sqrt{\mathbf{r}}}{\mathbf{r}} \mathbf{b}$$

٠٠ القضيب متزن تحت تأثير القوى الآتية:

- وزن القضيب ٢٠٠ نيوتن ويؤثر في منتصفه رأسيا لأسفل
  - وزن قدره ١٠٠ نيوتن ويؤثر عند نقطة ب رأسيا لأسفل
- قوة الشد في الخيط وتميل على الأفقى بزاوية قياسها ٣٥ لذلك نحللها الى مركبتين في إتجاهين متعامدتين
  - قوة رد فعل المفصل وهي مجهولة الإنجاه لذلك نضع بدلامنها مركبتين متعامدتين سي صي

بتطبيق شروط الإتزان وهي: س = ٠ ، ص = ٨ ، ع = ٠

(1) 
$$\sim \frac{\overline{\Psi}}{Y} = \omega \therefore \leftarrow \Upsilon \cdot \text{line } = \omega \therefore$$

$$C = \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \frac{1}{\gamma} \times \gamma \cdot \cdot - \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \times \gamma \cdot \cdot - J \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times \sim \therefore$$

$$C = \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \frac{1}{\gamma} \times \gamma \cdot \cdot - \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \times \gamma \cdot \cdot - J \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times \sim \therefore$$

$$C = \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \frac{1}{\gamma} \times \gamma \cdot \cdot - \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \times \gamma \cdot \cdot - J \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times \sim \therefore$$

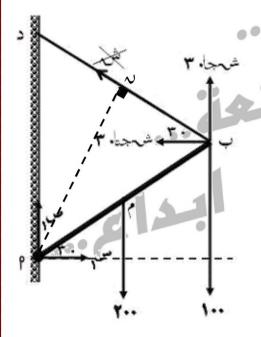
$$C = \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \frac{1}{\gamma} \times \gamma \cdot \cdot - \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \times \gamma \cdot \cdot - J \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times \sim \therefore$$

$$C = \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \frac{1}{\gamma} \times \gamma \cdot \cdot - \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \times \gamma \cdot \cdot - J \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times \sim \therefore$$

$$C = \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \frac{1}{\gamma} \times \gamma \cdot \cdot - \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \times \gamma \cdot \cdot - J \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times \sim \therefore$$

$$C = \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \frac{1}{\gamma} \times \gamma \cdot \cdot - \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \times \gamma \cdot \cdot - J \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times \sim \therefore$$

$$C = \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \frac{1}{\gamma} \times \gamma \cdot \cdot - \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times J \times \gamma \cdot \cdot - J \frac{\gamma \gamma}{\gamma} \times \sim \therefore$$



إستاتيكا ثانوية عامة

$$\frac{\overline{\Psi}/\Upsilon}{\Psi} = \frac{\Upsilon}{\overline{\Psi}/\Upsilon} = \frac{\Upsilon \cdot \cdot}{\overline{\Psi}/\Upsilon} = \frac{\gamma \cdot \cdot}{\overline{\Psi}/\Upsilon} = \frac{\gamma \cdot \cdot}{\Psi}$$
 ، خال =  $\frac{\gamma}{\Psi}$ 

أى أن : الشد في الخيط = ٢٠٠ نيوتن

ومقدار رد فعل المفصل  $\mathbf{v} = \mathbf{v} \cdot \mathbf{v}$  ث.کجم ویصنع زاویة ظلها  $\frac{\overline{\mathbf{v}} \cdot \mathbf{v}}{\mathbf{v}}$  مع الأفقی

# 🛄 مثال:

يرتكز سلم منتظم وزنه ١٠ ث.كجم بطرفه أعلى مستوى افقى أملس وبطرفه بعلى حائط رأسى أملس حفظ السلم فى مستوى رأسى وفى وضع يميل فيه على الأفقى بزاوية قياسها ٤٥° بواسطة حبل أفقى يصل الطرف أبنقطة من المستوى الأفقى تقع رأسيا أسفل ب يصعد رجل وزنه ٨٠ ث.كجم هذا السلم أوجد:

اولا: قوة الشد في الحبل عندما يكون الرجل قد صعد ٤ طول السلم ثانيا: أقصى قيمة للشد يتحملها هذا الحبل إذا علم أنه كان على وشك الأنقطاع عندما وصل الرجل الى قمة السلم.

### ک الحل:

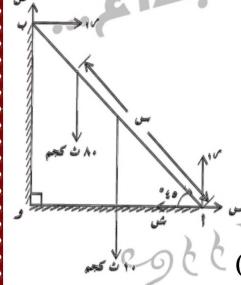
السلم متزن تحت تأثير القوى الآتية:

- وزن السلم ١٠ ث.كجم ويؤثر في منتصفه رأسيا لأسفل
  - وزن الرجل ٨٠ ث. ڪجم رأسيا لأسفل
- و دو فعل الستوى الأفقى حمر وهو عموديا عليه لأن الستوى أملس
- و رد فعل المستوى الرأسي حمر وهو عموديا عليه لأن المستوى أملس
  - الشد في الحبل ش

نفرض أن طول السلم ل وأن الرجل صعد مسافة س على السلم

بتطبيق شروط الإتزان وهي: س = ٠ ، ص = ٠ ، ع = ٠

را) بالتعویض من (۱) بالتعویض من 
$$\star$$
 بالتعویض من (۱) بالتعویض من (۱) بالتعویض من (۱)



$$(Y) \quad \frac{\omega}{\upsilon} \times \mathsf{A} \cdot + \diamond = \diamond + \diamond \times \dot{\upsilon} :$$

أولا: عندما يصعد الرجل  $\frac{7}{3}$  طول السلم أى أن  $w=\frac{7}{3}$  ل وبالتعويض فى (7)

ن ش
$$\circ + \circ + \lambda \times \frac{\forall}{\xi} \times \lambda \circ +$$
 ث.ڪجم  $\therefore$ 

ثانيا: أقصى قيمة للشد عندما يكون الرجل عند قمة السلم أي أن w=0 وبالتعويض في (7)

## 🛄 مثال:

اب ساق منتظمة وزنها ٥ ث. كجم وطولها ٣٠ سم ترتكز بطرفها العلى أرض افقية خشنة وترتكز عند
 إحدى نقطها جعلى وتد أملس يعلو عن سطح الأرض بمقدار ١٢،٥ سم فإذا كانت الساق على وشك الإنزلاق
 عندما كانت تميل على الأرض الأفقية بزاوية قياسها ٣٠ أوجد:

ثانيا: معامل الإحتكاك بين الطرف أ والأرض.

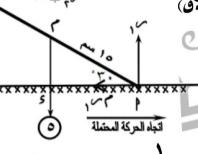
اولا: مقدار قوة رد فعل الوتد

### کر الحسل:

الساق متزنه تحت تأثير القوى الآتيه:

- وزن الساق ٥ ثـ كجم ويؤثر في منتصفها رأسيا لأسفل
  - رد الفعل العمودي للمستوى الأفقى حرر
- قوة الإحتكاك النهائي ٢٠, (لأن الساق على وشك الإنزلاق)
  - رد فعل الوتد حب وهو عموديا عليه لأن الوتد أملس
     وبرغم أن رد فعل الوتد معلوم الإتجاه الا أنه سيتم
     تحليله الى مركبتين في الإنجاهين الأفقى والرأسى

بتطبيق شروط الإتزان وهي: س = ٠ ، ص = ٠ ، ع = ٠ المهدالة



 $(1) \quad \mathcal{N} = \mathcal{N} \stackrel{1}{\longrightarrow} : \mathcal{N} \stackrel{1}{\longrightarrow} : \mathcal{N} = \mathcal{N} \stackrel{1}{\longrightarrow} : \mathcal$ 

بالتعويض في (٢) عن قيمة حر

بالتعويض في (١) عن قيمتي ١٠ ، ٧٠

## 🕮 مثال:

اولا: نحو الحائط

للب قضيب منتظم وزنه ٤٦ نيوتن وطوله ٢٦٠ سم يرتكز بطرفه للعلى حائط رأسى وبطرفه بعلى أرض افقية بحيث كان القضيب في مستوى رأسي فإذا كان معاملا الإحتكاك بين القضيب وكل من الأرض

والحائط هما  $\frac{1}{7}$  ،  $\frac{1}{2}$  على الترتيب وكان الطرف ب يبعد عن الحائط مسافة ١٠٠ سم. أوجد مقدار القوة الأفقية التي إذا أثرت في الطرف ب جعلت القضيب على وشك الحركة:

ثانيا:بعيدا عن الحائط.

### کر الحسل:

القضيب متزن تحت تأثير القوى الآتيه:

- وزن القضيب ٤٣ نيوتن ويؤثر في منتصفه رأسيا لأسفل
  - رد الفعل العمودي للمستوى الأفقي مر
  - رد الفعل العمودي للمستوى الرأسي حرب
  - قوة الإحتكاك النهائي للمستوى الأفقى كرحر
  - قوة الإحتكاك النهائي للمستوى الرأسي مهمه
    - القوة الأفقية المؤثرة 0

اولا:القضيب على وشك الحركة نحو الحائط:

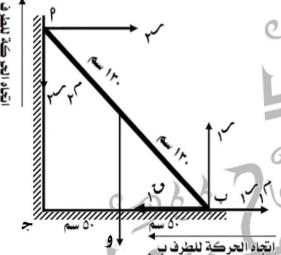
نفرض ان القوة المطلوبه هي ٦٠ واتجاهها نحو الحائط

- ·· الطرف ب سيتحرك نحو الحائط
- .. قوة الاحتكاك ٢٨٨ يكون اتجاهها بعيدا عن الحائط
  - ٠٠ الطرف ٢ سيتحرك رأسيا لأعلى
  - .. قوة الاحتكاك كرحر يكون اتجاهها رأسيا لأسفل

بتطبيق شروط الإتزان وهي:  $oldsymbol{w}=oldsymbol{\epsilon}$  ،  $oldsymbol{\varphi}=oldsymbol{\epsilon}$ 

 $\therefore \omega = \bullet \implies \therefore \gamma_{i} - \gamma_{j} \gamma_{i} - \varepsilon = \bullet \implies \therefore \gamma_{i} - \frac{1}{2} \gamma_{i} = \Upsilon$ 

٠=٥٠×٤٣+ ٢٠٠٨ خو + ٢٠٠٨ خو + ٣٤×٠٥ =٠ خو الم



بالتعويض في (٢) عن قيمة حر

بالتعويض في (١) عن قيمتي ٨٠، ٨٠

ثانيا:القضيب على وشك الحركة بعيدا عن الحائط:

نفرض ان القوة المطلوبه هي كر واتجاهها بعيدا عن الحائط

.. قوة الاحتكاك كه حمر يكون اتجاهها رأسيا لأعلى

بتطبيق شروط الإتزان وهي: س = ٠ ، ص = ٠ ، ع = ٠

(1) 
$$\gamma x - \gamma \frac{1}{\gamma} = \gamma v : \Leftrightarrow \cdot = \gamma x / - \gamma x + \gamma v : \Leftrightarrow \cdot = v :$$

$$(Y) \quad \xi \mathcal{T} = {}_{\gamma} \mathcal{L} \frac{1}{\xi} + {}_{\gamma} \mathcal{L} : \iff \cdot = \xi \mathcal{T} - {}_{\gamma} \mathcal{L} + {}_{\gamma} \mathcal{L} : \iff \cdot = \omega : .$$

نیوتن 
$$\Lambda \simeq \gamma \times \cdot \cdot \times = \gamma = 110 + 1 \cdot \cdot \times \gamma \times \frac{1}{\xi} - 15 \cdot \times \gamma \times \cdots \times \cdots \times 100 \times \times 100$$

بالتعويض في (٢) عن قيمة حم

نیوتن 
$$\lambda = \lambda \times \frac{1}{3} + \lambda \times$$

نیوتن 
$$\gamma = rac{1}{\gamma} imes \lambda + 1 + \lambda imes \lambda - 1$$
 نیوتن  $\lambda - 1 imes \lambda + 1$  نیوتن

## <u>الما مثال:</u>

أب قضيب منتظم طوله ١٦٠سم ووزنه ٣٠٠ ث.جم علق في مسمار ثابت ج بواسطة خيطين مربوطين في طرفيه أي احد نقطة ٥ ثقل مقداره ٦٠٠ ث.جم فإذا كان القضيب يتزن في وضع أفقي

والخيطان ؟ جى بج يميلان على القضيب بزاويتين قياسهما ٦٠، ٣٠ على الترتيب أوجد طول ٢٥ ومقدار الشد في الخيطين.

#### کر الحسل:

· القضيب متزن تحت تأثير القوى الآتية:

- وزن القضيب ٣٠٠ ث. جم ويؤثر في منتصفه رأسيا لأسفل
  - الثقل ٦٠٠ ث.جم عند نقطة ك
    - قوة الشد شم، في الخيط الج
    - قوة الشد شهر في الخيط بج

بتحليل شم، ، شم، في الانجاهين الأفقى والرأسي شمر على الانجاهين الأفقى والرأسي شمر على المرحل المرحل المرحل الم بتطبيق شروط الإتزان وهي: س = • ، ص = • ، ع = •

ن شهرجتا، ۳° = شهرجتا، ۲° ن

ن شرحاد ۲ ° + شرحاد ۳ ° = ۹۰۰ شرحاد ۳ ° = ۹۰۰

$$(Y) \quad \lambda \wedge \cdot \cdot = \gamma - m + \gamma - m \overline{Y} \wedge \therefore$$

بالتعويض من (١) في (٢)

$$1 \wedge \cdot \cdot = \sqrt{r} \cdot : \leftarrow 1 \wedge \cdot \cdot = \sqrt{r} + \sqrt{r} \times \overline{r} \cdot :$$

# 
$$\sim \Upsilon \cdot = \upsilon P : \leftarrow \frac{1 \Upsilon \cdot \cdot \cdot}{7 \cdot \cdot} = \upsilon P : \cdot$$

## <u> امثال:</u>

يرتكز قضيب منتظم وزنه ٢٤ ث.كجم بأحد طرفيه على أرض أفقية وبطرفه الآخر على مستوى أملس يرتكز قضيب منتظم وزنه ٢٤ ث.كجم بأحد طرفيه على وشك الإنزلاق عندما كان قياس زاوية ميله على الأفقى ٣٠°، فأوجد معامل الإحتكاك بين القضيب والأرض ورد فعل كل من المستوى والأرض

#### ک الحسل:

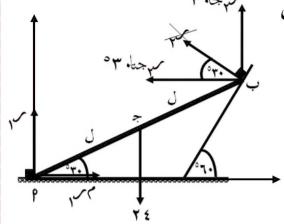
القضيب متزن تحت تأثير القوى الآتيه:

- وزن القضيب ٢٤ ث. كجم ويؤثر في منتصفه رأسيا لأسفل
  - رد الفعل العمودي للأرض حم
  - قوة الإحتكاك النهائي للأرض ٢٨,
  - رد فعل المستوى المائل حرر وهو عموديا عليه

لأن المستوى المائل أملس وبرغم أن رد الفعل معلوم الإنجاه

الا أنه سيحلل الى مركبتين في الإنجاهين الأفقى والرأسي

نفرض أن طول القضيب = ٢ل



بتطبيق شروط الإتزان وهي: س = ٠ ، ص = ٠ ، ع = ٠

$$\therefore \gamma_1 + \gamma_2 < \gamma_3 = \gamma_4 + \gamma_5 < \gamma_$$

# 
$$\frac{\overline{\psi}}{\psi} = \frac{\overline{\psi}}{1 \lambda} = \uparrow : \Leftarrow \overline{\psi} = \uparrow \land : \Leftarrow \uparrow \uparrow = \uparrow \land : \Leftarrow \uparrow \uparrow = \uparrow \land \land \uparrow : \Leftarrow \uparrow \uparrow = \uparrow \land \land \uparrow \vdash \vdots$$

## 🛄 مثال:

٩٠٠ قضيب منتظم طوله ٧٥ سم ووزنه ٤ ث. كجم يمكنه الحركة بسهولة حول مفصل عند طرفه ٩٠ ويمر داخل حلقة خفيفة ملساء مربوطة في أحد طرفي خيط خفيف طوله ٣٢ سم والطرف الآخر للخيط مثبت قي نقطة ج تقع رأسيا أعلى ٩ وعلى بعد ٤٠ سم منها. أثبت أنه في وضع الإتزان يكون الخيط عموديا على القضيب وأوجد الشد فيه ، وأن رد فعل المفصل يكون أفقيا وعين مقداره.

الحلقة متزنة تحت تأثيرقوتي الشد في الخيط وضغط القضيب

- الضغط على الحلقة يكون عموديا على القضيب
  - ·. الشد في الخيط يكون عموديا على القضيب

$$\therefore \mathbf{f} \boldsymbol{\epsilon} = \sqrt{(\mathbf{r} \, \mathbf{f})^{7} - (\mathbf{f} \, \mathbf{f})^{7}} = \mathbf{f} \, \mathbf{f} \quad \dots$$

٠٠ القضيب متزن تحت تأثير القوى الآتية:

- وزن القضيب ٤ ث. كجم ويؤثر في منتصفه رأسيا لأ
  - قوة رد فعل المفصل وهي مجهولة الإنجاه

لذلك نضع بدلامنها مركبتين متعامدتين سي صي

 قوة الشد في الخيط وتميل على الرأسي بزاوية قياسها هـ وسيتم تحليلها الى مركبتين في الإنجاهين الأفقى والرأسي

(1) 
$$\sim \frac{\pi}{0} = m \therefore \leftarrow \cdot = \text{ab} = m \therefore$$

$$(\mathsf{Y})$$
  $\sim \frac{\mathsf{\xi}}{\mathsf{o}} - \mathsf{\xi} = \mathsf{o}$   $\cdots$   $\sim \mathsf{e}$   $\sim \mathsf{e}$   $\sim \mathsf{e}$   $\sim \mathsf{e}$   $\sim$   $\sim$   $\sim$   $\sim$   $\sim$   $\sim$   $\sim$ 

$$\circ = \frac{1}{7} \frac{7}{\xi} = \sim \therefore : = \frac{\xi}{\circ} \times 77, \circ \times \xi - 7 \xi \times \sim \therefore$$

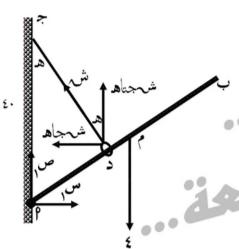
بالتعوبض في (١) ، (٢)

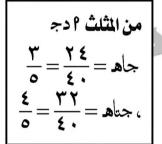
ث 
$$\mathcal{N} = \frac{\overline{\gamma_0 + \gamma_0}}{\overline{\gamma_0 + \gamma_0}} = \overline{\gamma_0 + \overline{\gamma_0}} = \mathcal{N}$$
ث.

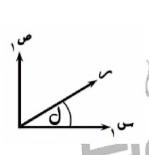
$$^{\circ} \cdot = J : \leftarrow \rightarrow = \frac{1}{m} = \frac{1}{m} = \frac{1}{m} = \frac{1}{m}$$
 ظال  $= \frac{1}{m} = \frac{1}{m}$ 

أى أن رد فعل المفصل يكون أفقيا ومقداره = ٣ ث.كجم









# 🕮 مثال:

يستند سلم منتظم بأحد طرفيه على حائط رأسى معامل الإحتكاك بينه وبين السلم يساوى  $\frac{1}{\gamma}$  وبطرفه الآخر على أرض أفقية من نفس خشونة الحائط. فإذا إتزن السلم في مستوى رأسى في وضع يميل فيه السلم على الحائط بزاوية ظلها  $\frac{7}{1}$ ، برهن على أن رجلا وزنه يساوى ثلاثة أمثال وزن السلم لا يمكنه الصعود

أكثر من  $\frac{ extstyle V}{ extstyle 1 extstyle 1}$  طول السلم دون أن ينزلق السلم.

## كر الحسل:

نفرض أن وزن القضيب (و) ث.كجم ووزن الرجل (٣و) ث.كجم

وأن طول السلم = ل 
$$heta$$
  $heta$   $heta$   $heta$  ل

وأن الرجل صعد الى نقطة ج حيث بج = س واصبح السلم على وشك الإنزلاق

.. الأحتكاك سيكون نهائي

.. القضيب متزن تحت تأثير القوى الآتيه:

- وزن القضيب (و) ويؤثر في منتصفه رأسيا لأسفل
  - رد الفعل العمودي للمستوى الأفقى حر
  - رد الفعل العمودي للمستوى الرأسى حرب
    - قوة الإحتكاك النهائي للأرض ٢٨.
    - قوة الإحتكاك النهائي للحائط ٢٠٠٨
      - وزن الرجل (٣و) رأسيا لأسفل

بتطبيق شروط الإتزان وهي: س = ٠ ٤ ص = ٠ ٤ ع = ٠ التجاه العركة للطرف بـ و ٢ و ٢

(1) 
$$\gamma \mathcal{N} = \gamma \mathcal{N} : \iff \gamma \mathcal{N} = \gamma \mathcal{N} : \iff \cdot = \gamma \mathcal{N} - \gamma \mathcal{N} :$$

$$\therefore \mathcal{N}_{r} + \mathcal{N}_{r} - e^{-\gamma}e^{-\gamma} = \rightarrow \therefore \mathcal{N}_{r} + \frac{1}{\gamma} \mathcal{N}_{r} = 3e^{-\gamma}e^{-\gamma}$$

Ultrapred,  $e^{i\gamma}(t)$ 

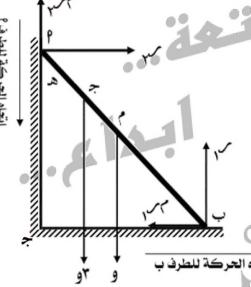
$$\therefore \Psi_{\gamma} + \frac{1}{\Psi} \gamma_{\gamma} = 3e \implies \therefore \frac{1}{\Psi} \gamma_{\gamma} = 3e$$

$$\therefore \mathcal{N}_{\gamma} = 3e \times \frac{7}{1} = \frac{7}{6}e$$

$$\therefore \mathcal{N}_{\gamma} = 3e \times \frac{7}{1} = \frac{7}{6}e$$

$$\therefore \mathcal{N}_{\gamma} = 3e \times \frac{7}{1} = \frac{7}{6}e$$

$$\Rightarrow \frac{7}{1} = \frac{7}{$$



 $\therefore -\nabla_{\mathbf{x}} \times \mathbf{9} = -\nabla_{\mathbf{x}} \times \mathbf{y} \times \mathbf{y} + \mathbf{e} \times \frac{1}{7} \mathbf{b} = \mathbf{e} \times \mathbf{g} \times \mathbf{g} = \mathbf{e} \times \mathbf{g} \times \mathbf{g} = \mathbf{e} \times \mathbf{g} \times \mathbf{g} \times \mathbf{g} = \mathbf{e} \times \mathbf{g} \times \mathbf{g} \times \mathbf{g} \times \mathbf{g} = \mathbf{e} \times \mathbf{g} = \mathbf{e} \times \mathbf{g} \times \mathbf$ 

$$\cdot =$$
ن  $=$ 

بالتعويض عن  $\frac{\pi r}{\pi la} = \frac{1}{7}$  وبالتعويض من (r)

 $\therefore - \mathbf{U} \times \frac{7}{6} e \times \frac{7}{7} - \frac{1}{7} \times \frac{7}{6} e + \frac{7}{7} e \mathbf{U} + \frac{7}{7} e \mathbf{U} = \cdot$  بالقسمة على و

$$J\frac{V}{1} = J\frac{V1}{W} = \omega : 0 \iff J\frac{V1}{1} = \omega : .$$

أى أن اقصى مسافة يصعدها الرجل دون أن ينزلق السلم هى  $rac{ extstyle V}{ extstyle 1}$  طول السلم

#### ملاحظة هامة:

قبل حل مسائل الإتزان العام يجب أن تكون كل القوى موازية للإتجاه الأفقى و موازية للإتجاه الأفقى و موازية للإتجاه الرأسى حتى يسهل كتابة معادلات الإتزان.

وإذا وجدت قوى ليست موازية للإتجاه الأفقى أو الرأسى يتم تحليل كل قوة الى مركبتين أحَـدَهَمَا في إتجاه الأفقى والأخرى في الإتجاه الرأسي.

